

Reference ③

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 10-311843

(43)Date of publication of application : 24.11.1998

(51)Int.Cl.

G01N 37/00

G01B 7/34

G01B 21/30

(21)Application number : 10-055200

(71)Applicant : NIKON CORP

(22)Date of filing : 06.03.1998

(72)Inventor : SUZUKI YOSHIHIKO
NAKANO KATSUSHI

(30)Priority

Priority number : 09 54907

Priority date : 10.03.1997

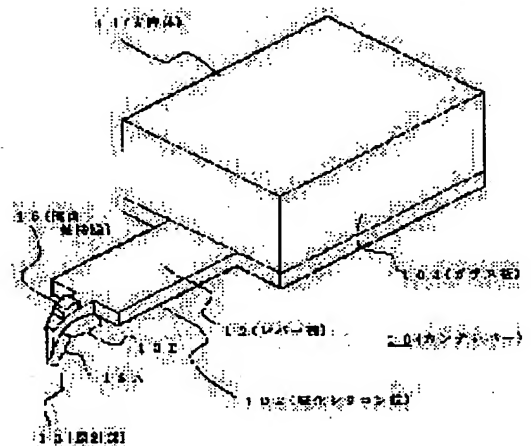
Priority country : JP

(54) CANTILEVER AND ITS MANUFACTURE

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To enhance the resolution of a scanning microscope which uses a cantilever by refining a probe part, and enhancing its aspect ratio, regarding the cantilever used for a scanning microscope and a method for manufacturing the cantilever.

SOLUTION: A probe part 13 and a lever part 12 are formed integrally with each other by a silicon nitride film 102, and a predetermined part in the range from the lever part 12 to the end 13A of the probe part 13 is curved by a predetermined angle to form a curved part 13B. A curve holding film 15 which holds the curved part 13B curved by producing tangent stresses to the silicon nitride film 102 is formed on the curved part 13B.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

BEST AVAILABLE COPY

[Number of appeal against examiner's decision
of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's
decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平10-311843

(43) 公開日 平成10年(1998)11月24日

(51) Int.Cl. ⁸	識別記号	F I	
G 0 1 N 37/00		G 0 1 N 37/00	G
G 0 1 B 7/34		G 0 1 B 7/34	Z
21/30		21/30	Z

審査請求 未請求 請求項の数14 O L (全 13 頁)

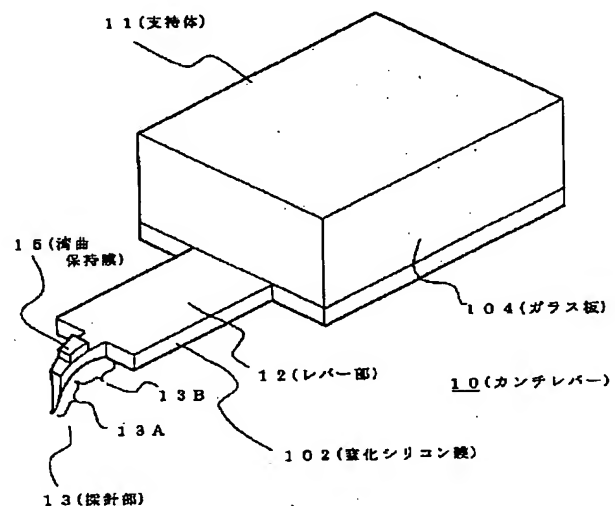
(21) 出願番号	特願平10-55200	(71) 出願人	000004112 株式会社ニコン 東京都千代田区丸の内3丁目2番3号
(22) 出願日	平成10年(1998)3月6日	(72) 発明者	鈴木 美彦 東京都千代田区丸の内3丁目2番3号 株 式会社ニコン内
(31) 優先権主張番号	特願平9-54907	(72) 発明者	中野 勝志 東京都千代田区丸の内3丁目2番3号 株 式会社ニコン内
(32) 優先日	平9(1997)3月10日	(74) 代理人	弁理士 古谷 史旺 (外1名)
(33) 優先権主張国	日本 (J P)		

(54) 【発明の名称】 カンチレバー及びその製造方法

(57) 【要約】

【課題】 本発明は、走査型顕微鏡に用いられるカンチレバー及びその製造方法に関し、探針部を微細に且つそのアスペクト比を高くし、当該カンチレバーを用いた走査型顕微鏡の分解能を高めることを目的とする。

【解決手段】 探針部13とレバー部12とが窒化シリコン膜102にて一体形成され、レバー部12から探針部13の先端13Aに至る途中の所定部位が所定角度に湾曲されて湾曲部13Bが形成されていることを特徴とする。また、前記湾曲部13Bには、窒化シリコン膜102に対し接線応力を生じてその湾曲状態を保持する湾曲保持膜15が形成されていることを特徴とする。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 探針部とレバー部とが1又は2以上の薄膜にて一体形成され、前記レバー部から前記探針部の先端に至る途中の所定部位が所定角度に湾曲されていることを特徴とするカンチレバー。

【請求項2】 前記所定部位には、前記薄膜に対し接線応力を生じて該薄膜の湾曲状態を保持する膜が形成されていることを特徴とする請求項1に記載のカンチレバー。

【請求項3】 前記1又は2以上の薄膜の1つは窒化膜であることを特徴とする請求項1又は請求項2に記載のカンチレバー。

【請求項4】 前記湾曲状態を保持する膜は、湾曲された前記薄膜の外側に形成されていることを特徴とする請求項2又は請求項3に記載のカンチレバー。

【請求項5】 前記湾曲状態を保持する膜は、酸化膜であることを特徴とする請求項4に記載のカンチレバー。

【請求項6】 前記湾曲状態を保持する膜は、湾曲された前記薄膜の内側に形成されていることを特徴とする請求項2又は請求項3に記載のカンチレバー。

【請求項7】 前記湾曲状態を保持する膜は、ニクロム膜であることを特徴とする請求項6に記載のカンチレバー。

【請求項8】 前記1又は2以上の薄膜の前記レバー部には、所望のパネ定数が得られるようにその膜厚が決定された膜厚調整部が形成されていることを特徴とする請求項1から請求項7の何れか1項に記載のカンチレバー。

【請求項9】 前記レバー部には、レバー部の撓み量を検出するための薄膜が形成されていることを特徴とする請求項1から請求項8の何れか1項に記載のカンチレバー。

【請求項10】 前記レバー部の撓み量を検出するための薄膜は、ピエゾ抵抗膜であることを特徴とする請求項9に記載のカンチレバー。

【請求項11】 請求項2から請求項5及び請求項8の何れか1項に記載のカンチレバーを製造するに当り、半導体基板の表面に窒化膜を形成する工程と、前記窒化膜を前記探針部と前記レバー部の形状に応じてパターンニングする工程と、前記窒化膜の所定位置に、該窒化膜に対し接線応力を生じる膜を形成する工程と、少なくとも前記窒化膜の前記レバー部に連なる支持部を形成する工程と、少なくとも前記窒化膜の前記所定位置の近傍の半導体基板を除去する工程とを含んでなることを特徴とするカンチレバーの製造方法。

【請求項12】 請求項2、請求項3、及び請求項6から請求項8の何れか1項に記載のカンチレバーを製造するに当り、

半導体基板の表面に窒化膜を形成する工程と、前記窒化膜を前記探針部と前記レバー部の形状に応じてパターンニングする工程と、

前記窒化膜の所定位置に、該窒化膜に対し接線応力を生じる膜を形成する工程と、

少なくとも前記窒化膜の前記所定位置の近傍の半導体基板を選択的に除去する工程とを含んでなることを特徴とするカンチレバーの製造方法。

【請求項13】 前記窒化膜のパターンニングは、等方性エッチングにより行われることを特徴とする請求項11又は請求項12に記載のカンチレバーの製造方法。

【請求項14】 請求項10に記載のカンチレバーを製造するに当り、

半導体基板の表面にピエゾ抵抗膜を形成する工程と、前記ピエゾ抵抗膜を前記探針部と前記レバー部の形状に応じてパターンニングする工程と、

前記ピエゾ抵抗膜に接続される電極膜をパターンニングする工程と、

前記探針部と前記レバー部の形状に応じてパターンニングされた所定位置に対し接線応力を生じる膜を形成する工程と、

少なくとも前記所定位置の近傍の半導体基板を選択的に除去する工程とを含んでなることを特徴とするカンチレバーの製造方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、走査型顕微鏡に用いられるカンチレバー及びその製造方法に関する。

【0002】

【従来の技術】近年の走査型顕微鏡、特に走査型原子間力顕微鏡は、原子、分子オーダーの分解能で、試料の表面形状(凹凸)を検知することが可能である。このような走査型原子間力顕微鏡の探針として、一般にカンチレバーが用いられている。このカンチレバーの先端に形成される探針部は、通常、ピラミッド型、円錐型の形状となっている。

【0003】しかし、走査型原子間力顕微鏡の高い分解能が要求されるようになり、試料表面の三次元形状をより精細に検知しようとした場合、探針部の形状を微細で且つ急峻にしなければならない。これは近年、検知しようとする試料表面の凹凸がより微細なものとなったこと、そして、この微細な凹凸においても高低差が生じるがその底部の形状をも精細に求めることが要求されることによる。

【0004】この場合、カンチレバーの先端に形成される探針部は、そのアスペクト比(縦横比)が高い程、微細な凹凸の形状を精細に検知することができるが、上記したピラミッド型の場合、探針部のアスペクト比は1程度、円錐型でもアスペクト比は2程度である。

【0005】従って、ピラミッド型、円錐型の探針部で

は、その長さを長くすればそれに応じて横幅が大きくなり、微細な凹凸の形状（特に斜面の形状が急峻な凹凸の形状や、深い溝の底面の形状等）を精細に検知することができなかった。このためカンチレバーの先端（探針部）のアスペクト比を、ピラミッド型、円錐型に比べて、より高くして微細な凹凸の形状を検知できるようにしたカンチレバーの製造方法が、例えば特開平3-135702号公報によって提案された。

【0006】このカンチレバーの製造方法では、探針部を微細に製造するために、予めシリコン基板に微細なトレンチ（溝）を形成しておき、このトレンチに酸化シリコン膜、窒化シリコン膜等の膜を成長させ、その後、シリコン基板を選択的に除去して、トレンチの形状に応じた探針部を得るようにしている。この手法を用いれば、半導体の製造技術において形成可能な幅（400nm程度）の狭いトレンチの形状（ブーツ型）に応じて、微細でしかも先端が急峻な探針部を有するカンチレバーを形成でき、このブーツ型の探針部を有するカンチレバーを用いた走査型原子間力顕微鏡ではその分解能が高められることになる。

【0007】この効果は、例えば、Yves Martin and Krmar Wichramasinghe, Appl. Phys. Lett. 64(19), 9 May 1994, "Method for imaging sidewalls by atomic force microscopy" で報告されている。

【0008】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、走査型原子間力顕微鏡によって、試料のより微細な表面形状、例えば、図11に示すようなシリコン基板1に形成された配線1B、1B…及びこの配線1B、1B…によって生じる溝1A、1A…（ライン・アンド・スペース）やトレンチ構造（溝）1A、1Aの斜面部分や底面の形状を精細に検知する場合には、上記したブーツ型の探針部2Aを有するカンチレバー2を用いた走査型原子間力顕微鏡であっても、その溝1A、1A…及び配線1B、1B…の形状を精細に検知することはできない。

【0009】これは、シリコン基板1に形成された溝1A、1A…及び配線1B、1B…が、通常、半導体製造技術における製造可能な最小のパターンに形成され、上記したトレンチ型の探針部2Aが、この最小のパターンと同じ若しくはそれ以上の幅のトレンチを用いて作製されるからである。因みに、ブーツ型の探針部2Aはその幅を400nm程度まで微細にできるが、近年の半導体製造技術では、配線2B、2B…及びその間の溝2A、2A…幅は、200nm程度までその微細化が進んでいる。

【0010】これらの事情は、走査型原子間力顕微鏡のみならず、走査型磁気顕微鏡、走査型電気容量顕微鏡等の、他の走査型プローブ顕微鏡用に用いられるカンチレバーに関しても同様である。本発明は、かかる事情に鑑みてなされたもので、探針部を微細に且つそのアスペクト比を高くしたカンチレバーを提供することにより、当

該カンチレバーを用いた走査型顕微鏡の分解能を高めることを目的とする。

【0011】

【課題を解決するための手段】上記目的を達成するため、請求項1に記載の発明は、カンチレバーの探針部とレバー部とを1又は2以上の薄膜にて一体形成し、前記レバー部から前記探針部の先端に至る所定部位を所定角度に湾曲させたものである。又、請求項2に記載の発明は、前記所定部位に、前記薄膜に対し接線応力を生じて該薄膜の湾曲状態を保持する膜を形成したものである。

【0012】又、請求項3に記載の発明は、前記1又は2以上の薄膜の1つを窒化膜としたものである。又、請求項4に記載の発明は、前記湾曲状態を保持する膜を、湾曲された前記薄膜の外側に形成したものである。又、請求項5に記載の発明は、前記湾曲状態を保持する膜を、酸化膜としたものである。

【0013】又、請求項6に記載の発明は、前記湾曲状態を保持する膜を、湾曲された前記薄膜の内側に形成したものである。又、請求項7に記載の発明は、前記湾曲状態を保持する膜を、ニクロム膜としたものである。

又、請求項8に記載の発明は、前記1又は2以上の薄膜の前記レバー部に、所望のパネ定数が得られるようにその膜厚が決定された膜厚調整部を形成したものである。

【0014】又、請求項9に記載の発明は、前記レバー部には、レバー部の撓み量を検出するための薄膜が形成されているものである。又、請求項10に記載の発明は、前記レバー部の撓み量を検出するための薄膜は、ビエゾ抵抗膜であるものである。又、請求項11に記載の発明は、請求項2から請求項5及び請求項8の何れか1項に記載のカンチレバーを製造する工程を、半導体基板の表面に窒化膜を形成する工程と、前記窒化膜を前記探針部と前記レバー部の形状に応じてパターニングする工程と、前記窒化膜の所定位置に、該窒化膜に対し接線応力を生じる膜を形成する工程と、少なくとも前記窒化膜の前記レバー部に連なる支持部を形成する工程と、少なくとも前記窒化膜の前記所定位置の近傍の半導体基板を除去する工程とを含むようにしたものである。

【0015】又、請求項12に記載の発明は、請求項2、請求項3、及び請求項6から請求項8の何れか1項に記載のカンチレバーを製造する工程を、半導体基板の表面に窒化膜を形成する工程と、前記窒化膜を前記探針部と前記レバー部の形状に応じてパターニングする工程と、前記窒化膜の所定位置に、該窒化膜に対し接線応力を生じる膜を形成する工程と、少なくとも前記窒化膜の前記所定位置の近傍の半導体基板を選択的に除去する工程とを含むようにしたものである。

【0016】又、請求項13に記載の発明は、前記窒化膜のパターニングを、等方性エッチングにより行うようにしたものである。又、請求項14に記載の発明は、請求項10に記載のカンチレバーを製造する工程を、半導

体基板の表面にビエゾ抵抗体膜を形成する工程と、前記ビエゾ抵抗体膜を前記探針部と前記レバー部の形状に応じてパターンニングする工程と、前記ビエゾ抵抗体膜に接続される電極膜をパターンニングする工程と、前記探針部と前記レバー部の形状に応じてパターンニングされた所定位置に対し接線応力を生じる膜を形成する工程と、少なくとも前記ビエゾ抵抗体膜の前記所定位置の近傍の半導体基板を選択的に除去する工程とを含むようにしたものである。

【0017】(作用) 上記請求項1の発明によれば、微細でしかもアスペクト比を高くした探針部を有するカンチレバーを容易に作製することができる。又、請求項2の発明によれば、容易に探針部とレバー部とを所定角度に固定することができる。

【0018】又、請求項3の発明によれば、周知の半導体製造技術において容易に当該カンチレバーを作製することができる。又、請求項4の発明によれば、湾曲状態を保持する膜の圧縮応力を用いて、探針部とレバー部とを所定角度に保持することができる。又、請求項5の発明によれば、窒化膜との間で圧縮応力を容易に発生させることができる。

【0019】又、請求項6の発明によれば、湾曲状態を保持する膜の引っ張り応力を用いて、探針部とレバー部とを所定角度に保持することができる。又、請求項7の発明によれば、窒化膜との間で引っ張り応力を容易に発生させることができる。又、請求項8の発明によれば、探針部とレバー部とを構成する1又は2以上の薄膜の所望の位置の膜厚を調整するだけで、カンチレバーのパネ定数を適宜決定することができる。

【0020】又、請求項9の発明によれば、レバー部の撓み量を容易、確実に自己検出することができる。又、請求項10の発明によれば、ビエゾ抵抗体膜によりレバー部の撓み量を容易、確実に検出することができる。又、請求項11の発明によれば、窒化膜と酸化膜とを重ね合わせた後、これらを支持する半導体基板を除去することで、簡易に、窒化膜と酸化膜との間に接線応力を生じさせて、当該窒化膜を湾曲させることができる。

【0021】又、請求項12の発明によれば、窒化膜とニクロム膜とを重ね合わせた後、これらを支持する半導体基板を除去することで、簡易に、窒化膜とニクロム膜との間に接線応力を生じさせて、当該窒化膜を湾曲させることができる。又、請求項13の発明によれば、探針部の先端の形状を鋭利に形成できる。又、請求項14の発明によれば、レバー部にビエゾ抵抗体膜を容易、確実に形成することができる。

【0022】

【発明の実施の形態】

(第1の実施形態) 以下、本発明の第1の実施形態について、添付図面を参照して説明する。尚、この第1の実施形態は、請求項1から請求項5、請求項11及び請求

項13に対応する。

【0023】この第1の実施形態のカンチレバー10は、例えば、コンタクトモード用又はノンコンタクトモード用の走査型原子間力顕微鏡の探針として用いられるもので、図1に示すように、支持体11、レバー部12、探針部13とによって構成され、このうち支持体11が走査型原子間力顕微鏡のカンチレバーホルダ(共に図示省略)に挟持されてカンチレバー10全体が走査型原子間力顕微鏡に取り付けられる。

【0024】探針部13とレバー部12とは、窒化シリコン膜102にて一体的に形成されている。この例では、窒化シリコン膜102は、支持体11の下側まで延在し、該支持体11を構成するガラス板104と接着されている。又、前記探針部13の先端13Aから前記レバー部12に至る途中の部位(湾曲部)13Bは、探針部13の先端13Aとレバー部12とがなす角度が所定角度となるように湾曲されている。

【0025】この第1の実施形態では、探針部13側が湾曲されて湾曲部13Bが形成されている。又、この場合の所定角度は、当該カンチレバー10が上記したカンチレバーホルダに取り付けられたときに、少なくとも探針部13の先端13Aが試料5(図3)に対して垂直に当接できる角度に決定される(例えば図3の θ)。又、前記湾曲部13Bには、湾曲された外側に、窒化シリコン膜102との間で接線応力(圧縮応力)を生じさせて該窒化シリコン膜102を当該湾曲部13Bで湾曲させ、その湾曲状態を保持するための湾曲保持膜(酸化シリコン膜)15が設けられている。

【0026】このようにカンチレバー10の探針部13とレバー部12とを、同一の膜(窒化シリコン膜102)で形成し、探針部13の先端13Aからレバー部12に至る任意の部位を湾曲させる(湾曲部13Bを設ける)ことにより、これらの膜厚を半導体製造技術で成膜可能な所望の膜厚(例えば、10nm~20nm)とすることができる。

【0027】この結果、当該探針部13の長さや厚さとの比(従来の探針のアスペクト比に相当)を自在に決定することができる。又、詳細は後述するように、レバー部12及び探針部13を構成する窒化シリコン膜102のパターンニング時に、等方性のウェットエッチングが施されるため、特に探針部13の先端13Aが鋭利になる(図1~図3に示す形状)。

【0028】又、探針部13の横幅も半導体製造技術を用いて任意に(例えば数nm)設定することができる。尚、この場合、レバー部12に関しては、試料5(図3)の表面の凸部5A、5A…凹部5B、5B…の形状に応じて、当該カンチレバー10に適度に撓みを生じさせる必要があるため、その長さが10 μ m~200 μ m、横幅が数 μ m~数十 μ mに決定されている。

【0029】更に、この探針部13は、後述のようにレ

バー部12と一体的に(窒化シリコン膜102のバターニングによって一体的に)形成されるので、探針部13とレバー部12との機械的な接続を考慮する必要がなく、従って、カンチレバー10の製造が容易となる。

尚、支持体11に関しては、当該カンチレバー10の、走査型原子間力顕微鏡のカンチレバーホルダへの取り付けが容易に行えるようにその形状及び大きさが決定されている。

【0030】又、カンチレバー10が、光てこ法を用いた走査型原子間力顕微鏡に用いられる場合には、必要に応じて、レバー部12及び探針部13を構成する窒化シリコン膜102の任意の箇所、若しくはその全面に金等からなる反射膜(図示省略)を形成して、光てこ法に用いられるレーザ光が効率よく反射できるようにしてもよい。尚、充分な強度の反射光が得られるときには、反射膜は不要となる。

【0031】次に、上記説明したカンチレバー10の製造方法について、図2(a)～(e)を用いて説明する。

(1) カンチレバー10を製造するに当っては、先ず、直径3インチ、厚さ250 μ mのシリコン基板101を用意し、その両面に膜厚100nmの窒化シリコン膜102を、例えば減圧CVD法によって形成する。

【0032】次いで、窒化シリコン膜102を周知のホトリソグラフィ技術を用いて、カンチレバー10のレバー部12、探針部13、更には支持体11の形状に応じた所定の形状にバターニングする。

【0033】このバターニングは、等方性の高いドライエッチングにより行われる。このとき裏面側の窒化シリコン膜102は全面除去される。ここまでの工程で得られた構造の平面形状を図2(a)に、側面形状を図2

(b)に各々示す。ところで上記した等方性の高いドライエッチングを行うことにより、窒化シリコン膜102の探針部13の先端13A部分の側面の形状は図2(b)に示すように、なだらかな曲線状になり、探針部13が実際に湾曲されたときに(図2(e))、探針部13の先端13Aの形状が試料5に対してより鋭利に当接する(図3)。

【0034】尚、上記窒化シリコン膜102は上記した等方性のドライエッチングによって、その全周で境界部分がなだらかな曲線状になるが、前記先端13A部分以外の部分については、なだらかな曲線状であることに格別の作用効果がないため、図1～図3では、これらの実際の形状(なだらかな曲線)を簡略化して、その境界部分を図示している。

【0035】(2) 次に、窒化シリコン膜102の所定位置(探針部13の湾曲部13Bに相当する部位)に酸化シリコン膜103を、例えば、リフトオフ法によって形成する。この場合の酸化シリコン膜103は、窒化シリコン膜102に対し接線応力(圧縮応力)を生じる

膜(湾曲保持膜)15となる。しかし、このときの酸化シリコン膜103の製造時の条件によって、窒化シリコン膜102の湾曲状態(湾曲部13Bでの湾曲の所定角度 θ)が決定される。

【0036】この探針部13の先端13Aとレバー部12とがなす所定角度 θ は、例えば、酸化シリコン膜103の製造工程における、シリコン基板101側の温度、酸化シリコン膜103の成長速度、製造容器の真空度等のパラメータを適宜選択することによって得られる。これらの具体的な数値は、実験的に得られる。ここまでの工程で得られた構造を図2(c)に示す。

【0037】(3) 次に、バターニングされた窒化シリコン膜102のレバー部12に連なるようにガラス板104を、当該窒化シリコン膜102に接合して支持体11を構成する。尚、この図示例では、窒化シリコン膜102が当該支持体11の下側まで延在する形状になっているので、この延在している部分にて、窒化シリコン膜102上面にガラス板104が、例えば陽極接合法によって接合される。ここまでの工程で得られた構造を図2(d)に示す。

【0038】(4) 最後に、バターニングされた窒化シリコン膜102の下方のシリコン基板101を除去して、図2(e)に示すカンチレバー10を得る。この場合、シリコン基板101の除去は、図2(d)に示した状態のものを、例えばTMAH水溶液(テトラメチルアンモニウムハイドロオキシド水溶液)に浸すことによって行われる(ウェットエッチング)。

【0039】このエッチングは、少なくとも、カンチレバー10の探針部13の下側(特に酸化シリコン膜103が形成された湾曲部13Bに相当する部位の下側)のシリコン基板101が除去されるように行われる。これは、この部位の下側のシリコン基板101を除去することによって、酸化シリコン膜103が窒化シリコン膜102との間で生じている接線応力が、直接的に窒化シリコン膜102に作用して、この部位(湾曲部13B)が、自然に湾曲されるからである。このときの湾曲の角度(所定角度) θ は、前記したように酸化シリコン膜103の製造条件に応じて決定される。

【0040】以上説明したように、第1の実施形態のカンチレバー10では、探針部13の膜厚を薄くし、更にその幅を狭くすることができるので、探針部13の先端13Aのアスペクト比を、従来型のカンチレバー(ピラミッド型、円錐型)に比べてその値を大きくすることができるようになる。又、その探針部13の先端13Aの厚みを、半導体製造技術において形成可能な膜厚(10nm～20nm)に応じて適宜決定できるので、従来のブーツ型のカンチレバーに比べても(400nm)、その探針部13を微細に形成することができるようになる。

【0041】このように形成されたカンチレバー10によれば、図3に示すような試料5に形成された微細な凹

部5 A、5 A…や凸部5 B、5 B…（例えば半導体基板上に形成された配線によって生じるライン・アンド・スペース）の斜面部分や底面の形状を精細に検知することができる。尚、この第1の実施形態のカンチレバー10は、試料5の表面の凹部5 A、5 A…、凸部5 B、5 B…をその撓み量で検知する走査型原子間力顕微鏡に用いられるものとして説明したが、例えば試料5の表面温度を検知する温度センサ（熱電対）を備えたカンチレバーの探針部としても同様に適用できる。

【0042】図4は、第1の実施形態に係る変形例のカンチレバー20を示す斜視図である。この変形例は、請求項8に対応する。この変形例では、レバー部22に、膜厚が他の部位と異なる膜厚調整部22 Aが形成されている点が上記したカンチレバー10と異なる。この場合、レバー部22は、窒化シリコン膜302にて形成され、この部位の膜厚は周知のエッチング技術によって適宜決定できる。しかして、膜厚調整部22 Aの膜厚を、当該レバー部22において、所望のバネ定数となるようにその膜厚を決定できるので、このカンチレバー20が使用される走査型原子間力顕微鏡の特性に合わせて、そのバネ定数を任意に決定することができる。

【0043】尚、図中符号21は支持体、23は探針部、23 Aは先端、23 Bは湾曲部、25は湾曲保持膜（酸化シリコン膜）である。尚、この第1の実施形態では、湾曲保持膜15として酸化シリコン膜103を例にあげて説明したが、窒化シリコン膜102との間に圧縮応力を生じる他の膜を用いてもよいのは勿論である。

【0044】（第2の実施形態）次に、本発明の第2の実施形態について説明する。尚、この第2の実施形態は、請求項1から請求項3及び請求項6から請求項8、請求項12及び請求項13に対応する。この第2の実施形態のカンチレバー30は、図5、図6に示すように、上記した第1の実施形態のカンチレバー10と比較して、湾曲保持膜35として、窒化シリコン膜302に対して接線応力（引っ張り応力）を生じるニクロム膜303を用いる点が異なる。

【0045】又、この第2の実施形態のカンチレバー30は、そのレバー部32に膜厚調整部32 Aが形成されている（上記した変形例のカンチレバー20の膜厚調整部22 Aに相当）点が上記した第1の実施形態のカンチレバー10と異なる。その他の適用可能な走査型顕微鏡の種別、使用形態等は、第1の実施形態のカンチレバー10と同様であり、従って、その詳細な説明は省略する。

【0046】この第2の実施形態のカンチレバー30は、探針部33とレバー部32とが、窒化シリコン膜302にて一体的に形成され、更に窒化シリコン膜302は、支持体31まで延在し、該支持体31を構成するシリコン基板301に接合されている。又、前記探針部33の先端33 Aから前記レバー部32に至る途中の部位

（湾曲部）33 Bは、探針部33の先端33 Aとレバー部32とがなす角度が所定角度となるように湾曲されている。

【0047】この第2の実施形態でも探針部33側が湾曲されて湾曲部33 Bが形成されている。又、この場合の湾曲の角度（所定角度）は、上記した第1の実施形態の所定角度θと同様に決定される。又、前記湾曲部33 Bには、湾曲された内側に、窒化シリコン膜302との間で接線応力（引っ張り応力）を生じさせて該窒化シリコン膜302を当該湾曲部33 Bで湾曲させ且つその湾曲状態を保持するための湾曲保持膜（ニクロム膜）35が設けられている。

【0048】この場合にも探針部33とレバー部32とを同一の膜（図6に示す窒化シリコン膜302）で形成し、任意の部位（湾曲部33 B）にて湾曲させることにより、これらの膜厚を所望の厚さ（例えば、10 nm～20 nm程度）に形成することができる。この結果、当該探針部33の長さとの比（従来の探針のアスペクト比に相当）を自在に決定することができる。

【0049】又、探針部33の横幅も任意に（例えば数nm）設定でき、その微細化が図られる。この場合、レバー部32に関しては、第1の実施形態のレバー部12と同様に、適度な撓みが生じるように、その長さが10 μm～200 μm、横幅が数μm～数十μmに決定されている。

【0050】尚、このカンチレバー30をカンチレバーホルダ（図示省略）に装着するときには、探針部33の先端33 Aが試料側に向くように、図5に示す状態から、天地を逆さにしてその取付けが行われる。又、カンチレバー30を光てこ法を用いた走査型原子間力顕微鏡に用いられる場合には、必要に応じて、レバー部32及び探針部33を構成する窒化シリコン膜302の図中裏側に金等からなる反射膜を形成すればよい。尚、この場合にも、充分な強度の反射光が得られるときには、反射膜は不要となる。

【0051】次に、上記説明したカンチレバー30の製造方法について、図6（a）～（e）を用いて説明する。

（1）カンチレバー30を製造するに当たっては、第1の実施形態で用いたのと同様のシリコン基板301（直径3インチ、厚さ250 μm）の両面に膜厚100 nmの窒化シリコン膜302を、例えば減圧CVD法によって形成する。

【0052】次いで、窒化シリコン膜302の任意の領域302 Aをドライエッチングしてその膜厚を80 nmに加工する。このとき加工された領域302 Aが、カンチレバー30の膜厚調整部32 Aとなる。ここまでの工程で得られた構造の平面形状を図6（a）に示す。

【0053】（2）次いで、窒化シリコン膜302をカンチレバー30のレバー部32と探針部33、更に

は、支持体31の形状に応じた所定の形状にパターンニングする。又、このときシリコン基板301の裏面側の窒化シリコン膜304は、カンチレバー30の支持体31の形状に応じてパターンニングされる。このときのパターンニングは、等方性の高いドライエッチングにより行われ、この結果、窒化シリコン膜302の先端33Aに対応する部分の側面の形状がなだらかな曲線状(図6(c))になり、探針部33が湾曲されたときに(図6(e))、探針部33の先端33Aがより鋭利になる。ここまでの工程で得られた構造の平面形状を図6(b)に、側面形状を図6(c)に各々示す。

【0054】(3) 次に、表面側の窒化シリコン膜302の所定位置(探針部33の湾曲部33Bに相当する部位)にニクロム膜303を、例えば、リフトオフ法によって形成する。この場合のニクロム膜303は、窒化シリコン膜302に対し接線応力(引っ張り応力)を生じる膜(湾曲保持膜)35として機能する。しかして、このときのニクロム膜303の製造条件によって、窒化シリコン膜302の湾曲状態(湾曲部33Bでの湾曲の角度)が決定される。製造時の条件としては、例えば、ニクロム膜303の製造工程における、シリコン基板301側の温度、ニクロム膜303の成長速度、製造容器の真空度等のパラメータを適宜選択することによって得られる。これらの具体的な数値は、実験的に得られる。ここまでの工程で得られた構造を図6(d)に示す。

【0055】(4) 次に、パターンニングされた窒化シリコン膜302、304をマスクとしてシリコン基板301を除去し、図6(e)に示すカンチレバー30を得る。この場合、シリコン基板301の除去は、図6(d)に示した状態のものを、例えばKOH水溶液に浸すことによって行われる(ウェットエッチング)。この場合、少なくともカンチレバー30の探針部33の下側のシリコン基板301が除去されることにより、ニクロム膜303が窒化シリコン膜302との間に生じている接線応力が、当該窒化シリコン膜302に直接的に作用して、この部位(湾曲部33B)が、自然に湾曲される。

【0056】以上説明したように、本実施形態のカンチレバー30は、探針部33の膜厚を薄くし、その幅を狭くすることができるので、当該探針部33のアスペクト比を、従来型のカンチレバー(ピラミッド型、円錐型)に比べて大きくすることができる。又、その探針部33の先端33Aの厚みは、近年の半導体製造技術において形成可能な膜厚の範囲内で適宜決定できるので、従来のブーツ型のカンチレバーに比べても、その探針部33を微細に形成することができる。

【0057】このカンチレバー30でも、図3に示すような試料5に形成された微細な凹部5A、5A…や凸部5B、5B…の斜面部分や底面の形状を精細に検知することができるようになる。尚、この第2の実施形態で

は、湾曲保持膜35としてニクロム膜303を例にあげて説明したが、窒化シリコン膜302との間に引っ張り応力を生じる他の膜(例えばチタン膜)を用いてもよい。

【0058】又、この第2の実施形態のカンチレバー30も、例えば試料の表面温度を検知する温度センサを設けたカンチレバー(熱電対を用いて温度を検出するタイプのカンチレバー)に採用できる。

(第3の実施形態)次に、本発明の第3の実施形態について説明する。

【0059】尚、この第3の実施形態は、請求項9、請求項10及び請求項14に対応する。この第3の実施形態のカンチレバー40は、図7および図10に示すように、上記した第2の実施形態のカンチレバー10と比較して、そのレバー部42に、レバー部42の撓み量を自己検出するための薄膜であるビエゾ抵抗膜401が形成され、また、このビエゾ抵抗膜401に電流を流すための電極膜44が形成されている点が上記した第2の実施形態のカンチレバー10と異なる。

【0060】その他の適用可能な走査型顕微鏡の種別、使用形態等は、第1の実施形態のカンチレバー10と同様であり、従って、その詳細な説明は省略する。この第3の実施形態のカンチレバー40は、探針部43とレバー部42とが、一体的に形成され、レバー部42の探針部43と反対側が、支持体41に接合されている。

【0061】又、探針部43の先端43Aからレバー部42に至る途中の部位(湾曲部)43Bは、探針部43の先端43Aとレバー部42とがなす角度が所定角度となるように湾曲されている。この第3の実施形態でも探針部43側が湾曲されて湾曲部43Bが形成されている。

【0062】又、この場合の湾曲の角度(所定角度)は、上記した第1の実施形態の所定角度 θ と同様に決定される。又、湾曲部43Bには、湾曲された内側に、後述する酸化膜403との間で接線応力(引っ張り応力)を生じさせて酸化膜403を湾曲部43Bで湾曲させ、且つ、その湾曲状態を保持するための湾曲保持膜45が設けられている。

【0063】この場合にも探針部43とレバー部42とを同一の膜で形成し、任意の部位(湾曲部43B)にて湾曲させることにより、これらの膜厚を所望の厚さ(例えば、10nm~20nm程度)に形成することができる。この結果、探針部43の長さとの比(従来の探針のアスペクト比に相当)を自在に決定することができる。

【0064】又、探針部43の横幅も任意に(例えば数nm)設定でき、その微細化が図られる。この場合、レバー部42に関しては、第1の実施形態のレバー部12と同様に、適度な撓みが生じるように、その長さが10 μ m~200 μ m、横幅が数 μ m~数十 μ mに決定されて

いる。

【0065】そして、この第3の実施形態では、レバー部42における探針部43と反対側に、切欠部404が形成されている。この切欠部404は、湾曲部43Bから所定間隔を置いた位置まで延在され、切欠部404の入口の両側には、一対のランド部405が形成されている。このランド部405には、それぞれ電極膜44の一端が接合され、電極膜44は、支持体41に接合されている。

【0066】次に、上記説明したカンチレバー40の製造方法について、図8から図10を用いて説明する。

(1) 先ず、図8の(a)に示すように、単結晶のシリコン基板406の上面に酸化膜407を形成し、この酸化膜407の上面に単結晶シリコン膜408を形成したSOI基板409が用意され、このSOI基板409の下面を酸化することにより酸化膜410が形成される。

【0067】尚、この実施形態では、SOI基板409のシリコン基板406の厚さは500 μ m、酸化膜407の厚さは500nm、単結晶シリコン膜408の厚さは200nmとされ、形成される酸化膜410の厚さは50nmとされる。次に、(b)に示すように、単結晶シリコン膜408に、熱拡散によりボロンが拡散され、ピエゾ抵抗膜401が形成される。

【0068】次いで、(c)に示すように、ピエゾ抵抗膜401の上面全面が酸化され酸化膜403が形成され、この後、この酸化膜403を部分的に除去し、露出した部分のピエゾ抵抗膜401を、TMAH、KOH等の水溶液により溶出することにより、カンチレバー40のレバー部42と探針部43とがパターンニングされる。

【0069】(2) 次に、図9の(d)に示すように、ピエゾ抵抗膜401の側面のピエゾ抵抗膜401が露出した部分に酸化膜412が形成され、更に、上面の酸化膜403を部分的に除去してコンタクトホール413を形成することによりピエゾ抵抗膜401の一部が露出される。次に、(e)に示すように、リフトオフ法により、電極膜44が、パターンニングされる。

【0070】この電極膜44には、金、ニクロム、アルミニウム等が使用される。これにより、抵抗検出信号線441と信号検出用電極パッド442とが同時に形成される。

(3) 次に、図10の(f)に示すように、ピエゾ抵抗膜401の上面に形成される酸化膜403の所定位置(探針部43の湾曲部43Bに相当する部位)に湾曲保持膜45が、例えば、リフトオフ法によって形成される。

【0071】この湾曲保持膜45には、例えば、チタン、ニクロム、アルミニウム等が使用され、酸化膜403に対し接線応力(引っ張り応力)を生じる膜として機

能する。そして、このときの湾曲保持膜45の製造条件によって、酸化膜403およびピエゾ抵抗膜401の湾曲状態(湾曲部43Bでの湾曲の角度)が決定される。次に、シリコン基板406の下面の酸化膜410が部分的に除去され、露出した部分のシリコン基板406および酸化膜407を、TMAH、KOH等の水溶液により溶出することにより、カンチレバー40が形成される。

【0072】そして、この場合、少なくともカンチレバー40の探針部43の下側のシリコン基板406および酸化膜407が除去されることにより、湾曲保持膜45と酸化膜403との間に生じている接線応力が、酸化膜403に直接的に作用して、この部位(湾曲部43B)が、ピエゾ抵抗膜401とともに自然に湾曲される。以上説明したように、本実施形態のカンチレバー40は、探針部43の膜厚を薄くし、その幅を狭くすることができるので、当該探針部43のアスペクト比を、従来型のカンチレバー(ピラミッド型、円錐型)に比べて大きくすることができる。

【0073】又、その探針部43の先端43Aの厚みは、近年の半導体製造技術において形成可能な膜厚の範囲内で適宜決定できるので、従来のブーツ型のカンチレバーに比べても、その探針部43を微細に形成することができる。そして、この実施形態では、レバー部42に、ピエゾ抵抗膜401を配置し、このピエゾ抵抗膜401に、電極膜44の抵抗検出信号線441を接続したので、レバー部42の撓み量を容易、確実に自己検出することが可能になる。

【0074】すなわち、電極膜44の信号検出用電極パッド442から抵抗検出信号線441を介して、ピエゾ抵抗膜401に電流を流しておくことにより、レバー部42の撓み量に応じて電流値が変化するため、レバー部42の撓み量を電氣的に容易、確実に検出することができる。尚、この第3の実施形態では、ピエゾ抵抗膜401によりレバー部42の撓み量を検出するように構成した例について説明したが、例えば、圧電膜によりレバー部の撓み量を検出するように構成してもよい。

【0075】尚、上記した第1、第2および第3の実施形態では、探針部13、23、33、43に湾曲部13B、23B、33B、43Bを形成する例をあげて説明したが、探針部13、23、33、43の先端13A、23A、33A、43Aからレバー部12、22、32、42に至る部位であれば、例えばレバー部12、22、32、42側の任意の部位を湾曲させて湾曲部を形成するようにしてもよい。

【0076】又、上記した第1、第2の実施形態では、レバー部12、22、32及び探針部13、23、33を窒化シリコン膜102、302で構成する例をあげて説明したが、これらを2以上の膜で多層構造としてもよい。又、上記した第1、第2および第3の実施形態で

は、走査型原子間力顕微鏡に用いられるカンチレバーを例にあげて説明したが、走査型磁気顕微鏡、走査型電気容量顕微鏡等の、他の走査型プローブ顕微鏡用に用いられるカンチレバーに関しても本発明は適用可能である。

【0077】

【発明の効果】以上説明した請求項1から請求項14に記載の発明によれば、カンチレバーの探針部のアスペクト比を大きくし、しかもこれを微細に形成されるため、これを用いた走査型顕微鏡での分解能を著しく高めることができる。又、請求項3の発明によれば、半導体製造技術を用いて窒化シリコン膜を所望の膜厚に形成することによって、カンチレバーの探針部を所望の微細さで作製することができる。

【0078】又、請求項4から請求項7の発明によれば、カンチレバーの探針部とレバー部とを構成する膜を、簡易に湾曲させ、且つその湾曲状態を簡易に保持することができるようになる。又、請求項8の発明によれば、カンチレバーのレバー部のバネ定数を適宜設定でき、特に、バネ定数が小さい軟らかなカンチレバーを作製して、当該走査型顕微鏡の分解能を高めることができる。

【0079】又、請求項9の発明によれば、レバー部の撓み量を容易、確実に自己検出することができる。又、請求項10の発明によれば、ピエゾ抵抗体膜によりレバー部の撓み量を容易、確実に検出することができる。又、請求項11から請求項13の発明によれば、周知の半導体製造技術を用いて簡易な手法で、微細でしかもアスペクト比の高い探針部を有するカンチレバーが作製でき、これを用いた走査型顕微鏡の分解能を高めることができる。

【0080】又、請求項14の発明によれば、レバー部にピエゾ抵抗体膜を容易、確実に形成することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の第1の実施形態のカンチレバー10の斜視図である。

【図2】第1の実施形態のカンチレバー10の製造方法を示す説明図である。

【図3】第1の実施形態のカンチレバー10を用いた試

料5の表面形状の検知の様子を示す説明図である。

【図4】第1の実施形態の変形例のカンチレバー20を示す斜視図である。

【図5】本発明の第2の実施形態のカンチレバー30の斜視図である。

【図6】第2の実施形態のカンチレバー30の製造方法を示す説明図である。

【図7】本発明の第3の実施形態のカンチレバー40の斜視図である。

【図8】第3の実施形態のカンチレバー40の製造方法を示す説明図である。

【図9】第3の実施形態のカンチレバー40の製造方法を示す説明図である。

【図10】第3の実施形態のカンチレバー40の製造方法を示す説明図である。

【図11】従来のブーツ型のカンチレバー2を用いた試料5の表面形状の検知の様子を示す説明図である。

【符号の説明】

5 試料

5A 凹部

5B 凸部

10, 20, 30, 40 カンチレバー

11, 21, 31, 41 支持体

12, 22, 32, 42 レバー部

13, 23, 33, 43 探針部

13A, 23A, 33A, 43A 先端

13B, 23B, 33B, 43B 湾曲部

15 湾曲保持膜（酸化シリコン膜）

22A, 32A 膜厚調整部

30 35 湾曲保持膜（ニクロム膜）

44 電極膜

45 湾曲保持膜

101, 301 シリコン基板

102, 302 窒化シリコン膜

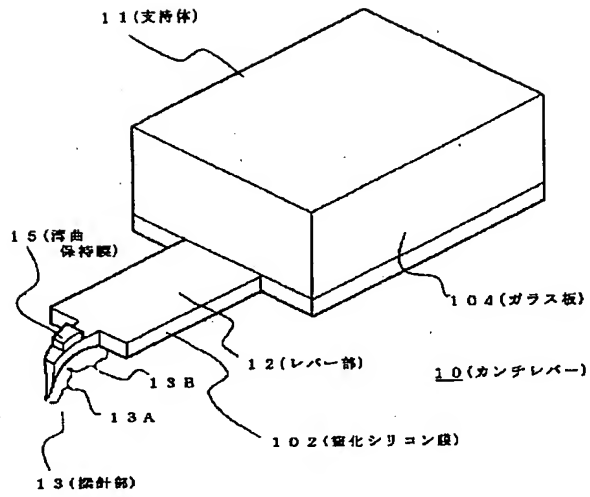
103 酸化シリコン膜

303 ニクロム膜

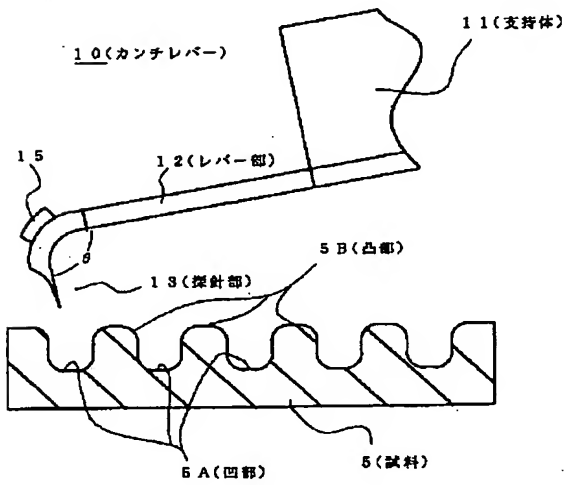
401 ピエゾ抵抗体膜

403 酸化膜

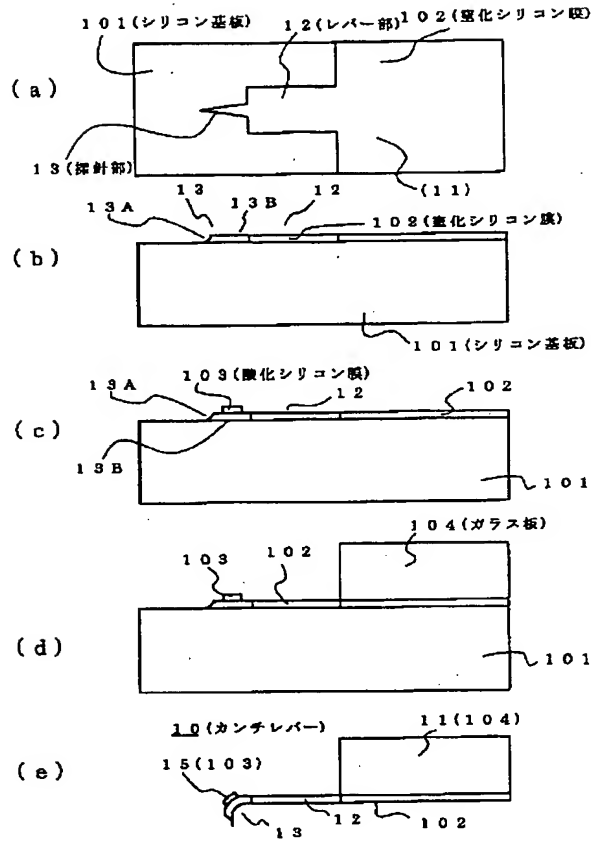
【図1】



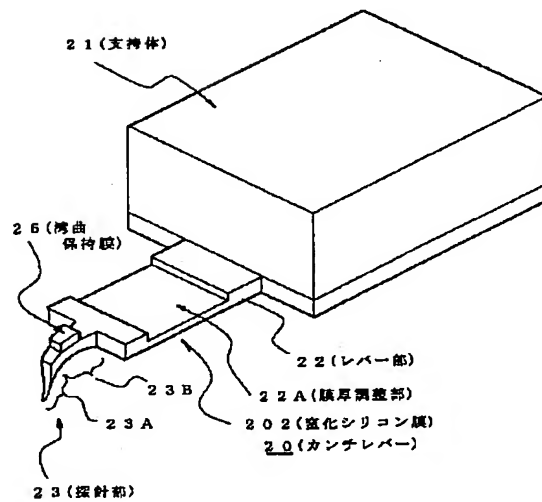
【図3】



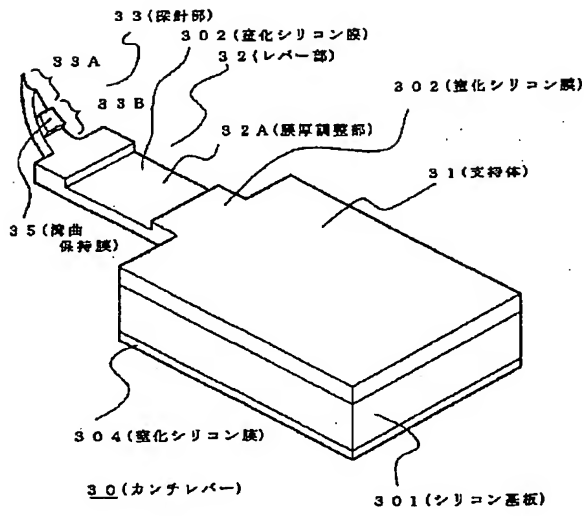
【図2】



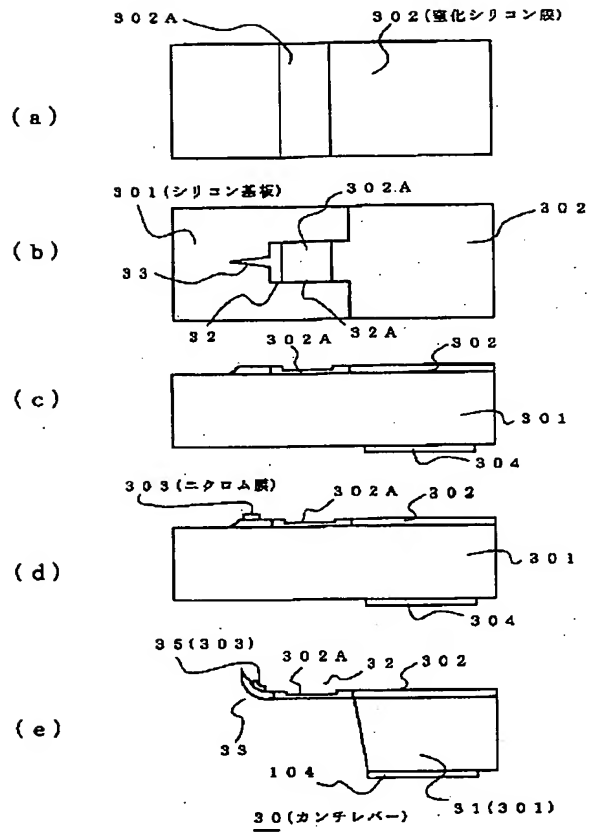
【図4】



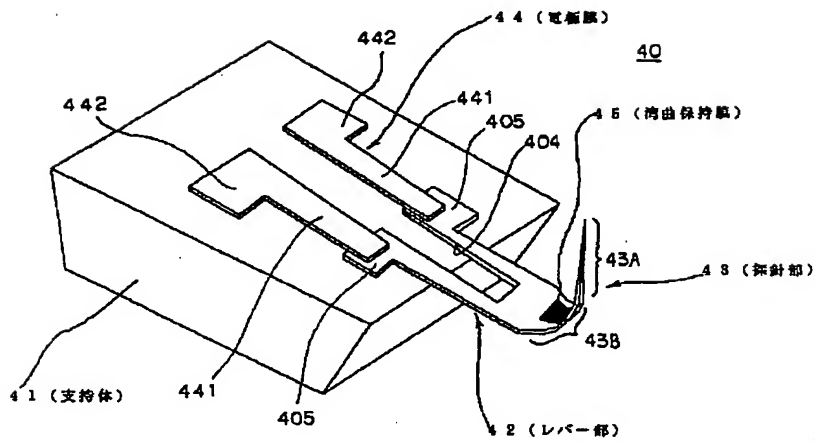
【図5】



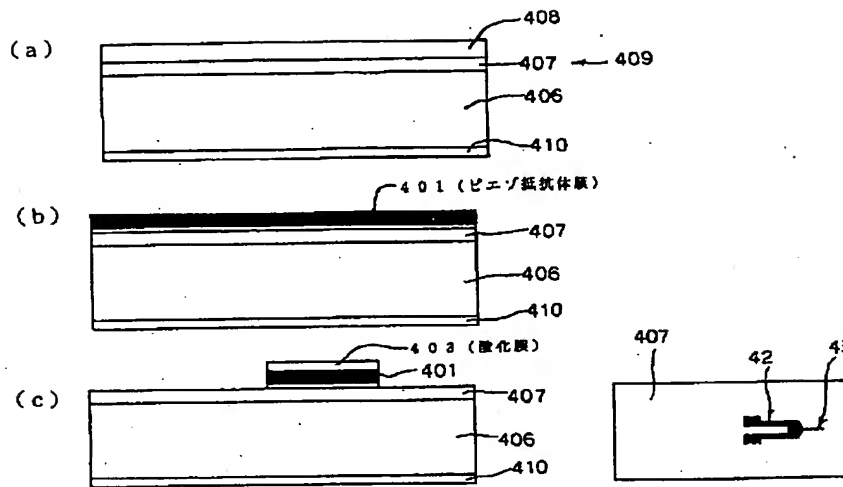
【図6】



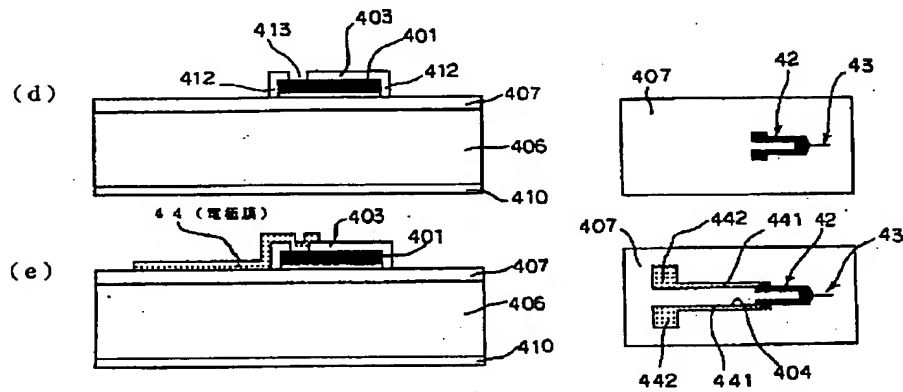
【図7】



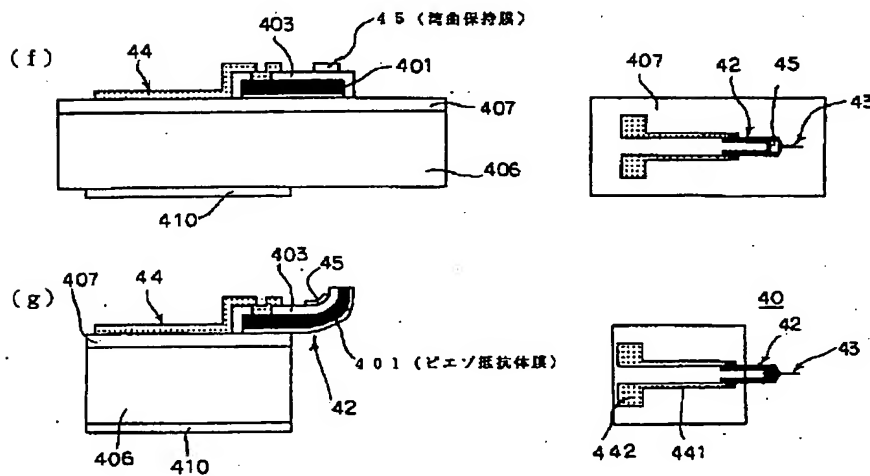
【図8】



【図9】



【図10】



【図11】

